DOI:10.11931/guihaia.gxzw201808042

# 5 个猕猴桃种的皮孔、气孔器和叶片下表皮微观特征

刘平平，熊雅兰，韦宇静，莫权辉，王发明，叶开玉*

（广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所，广西　桂林 541006）

**摘要**：为了探索不同种类猕猴桃皮孔、气孔器和叶片下表皮特征的差异及其分类学意义。本研究用光学显微镜观察了 5 个猕猴桃种共计 9 份样品材料的一年生枝条韧皮部上皮孔的形态，结果发现猕猴桃皮孔呈长椭圆形或长梭形，不同种皮孔的长×宽、皮孔密度、皮孔面积和皮孔面积的百分比值存在差异但与种类划分无明显规律，但皮孔的宽可明显区分所选 4 个中华猕猴桃品种。另外用扫描电镜观察了 5 个猕猴桃种类的气孔器和叶片下表皮特征，结果发现猕猴桃气孔器呈宽椭圆形或椭圆形，仅分布在叶背的叶肉区域，气孔器类型有辐射型、环列型、不规则型和不等型 4 种。其中中华猕猴桃的气孔器是辐射型、美味猕猴桃的气孔器是环列型、阔叶猕猴桃和毛花猕猴桃的气孔器是不规则型，长果猕猴桃的气孔器是不等型。保卫细胞围绕气孔器排列，与表皮水平或突起。叶片下表皮细胞一般为不规则形或乳状突起，垂周壁浅波状或深波状；表面覆着颗粒状纹饰和分叉单细胞非腺毛，其中阔叶猕猴桃为不分叉单细胞非腺毛，长果猕猴桃为双分叉单细胞非腺毛，其余为多分叉单细胞非腺毛。部分具有鳞片状蜡质层。气孔器外拱盖内缘浅波状，纹饰光滑或有颗粒状物。测量猕猴桃气孔器长×宽、气孔长轴、气孔器密度，发现不同种之间存在差异但与猕猴桃种类划分无明显规律，但其气孔器类型与种类划分一致，4 个中华猕猴桃品种也可通过气孔器的长、气孔长轴和密度大小来区分。此外，新种长果猕猴桃的微表观形态与其他种类存在明显差异，为其识别提供基本的微观依据。

**关键词**：猕猴桃，气孔器，皮孔，下表皮，微观特征

**中图分类号**：　Q944.5　　　　**文献标示码**：A

# Microscopic characteristics of the lenticel, stomatal apparatus and lower epidermis of leaf from five kiwifruit species

Liu Pingping, Xiong Yalan, Wei Yujing, Mo Quanhui , Wang Faming, Ye Kaiyu*

(*Guangxi Institute of Botany Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Science*, Guilin 541006, Guangxi, China)

**Abstract**: In order to explore the difference and taxonomic significance through the characteristics of the lenticel, stomatal apparatus and lower epidermis of leaf of different species kiwifruit, the optical microscope was used to observe kiwifruit lenticels on one-year-old phloem of 9 samples from five different species. Kiwifruit lenticels showed long elliptical or spindle shape. The values of length × width, lenticle density, lenticle area and

---

**基金项目**：广西青年基金项目(2015GXNSFBA139073)；广西植物研究所基本业务费项目（桂植业 14008）[Supported by Natural Science Foundation of Guangxi（2015GXNSFBA139073）; Science Research Foundation of Guangxi Institute of Botany(14008)]。

**作者简介**：刘平平（1987-），女，广西全州人，硕士，助理研究员，主要从事植物病理学研究，(E-mail)fhlpp001@126.com。

***通信作者**：叶开玉，硕士，副研究员，主要从事果树引种栽培与良种选育研究，(E-mail)584003811@qq.com。

percentage of lenticle area of different species were different and no obvious rule with species division. However, the width of the lenticels could clearly distinguish the four *Actinidia chinensis* varieties from selected samples. The result of scanning electron microscope showed that the stomatal apparatus only existed in blade back and mesophyll area with wide oval and elliptical shape. The stomatal apparatus type included actinotytic, cyclocytic, anisocytic and anomocytic. Among these species, the shape of stomatal apparatus *A. chinensis* is actinotytic, the shape of stomatal apparatus *A. chinensis* var. *deliciosa* is cyclocytic, the shape of stomatal apparatus *A. latifolia* and *A. eriantha* are anisocytic, and the shape of stomatal apparatus *A. longicarpa* is anomocytic. Guard cells were arranged around stomatal apparatus, horizontal or protruding from the lower epidermis. The lower epidermal cells were papillose or anomocytic with sinuate or sinuolate anticlinal wall. The lower epidermis was observed to be granulated and showed furcal pubescence and bifurcate single cell without glandular trichome. Some germplasm had papillose or flake-like waxy layer. Inner margin of outer stomatal rim were sinuolate with ornamentation. According to the measure of length × width, axis and density of stomatal apparatus, there was no obvious rule with kiwifruit species division. However the stomatal apparatus type and the species division are consistent well. Four *A. chinensis* varieties can be distinguished by the length, axis of stomatal and density of stomatal apparatus. In addition, there were significant differences in the microapparent morphology between *A. longicarpa* and other species, which provided microcosmic basis for its identification.

**Keywords:** kiwifruit , stomatal apparatus , lenticel , lower epidermis, microscopic characteristics



植物表面的微观形态结构是研究物种起源、进化和分类的重要指标。相关研究已在荔枝（王心燕等，2006）、龙眼（温伟君等，2010）、柑橘（李润唐等，2004）、苹果（刘静，2014）、胡杨（肖磊等，2016）、木犀榄族（高武军等，2009）、葡萄（张延龙等，1997）等植物中广泛应用，一致认为气孔与各物种的分类学和种间亲缘有着密切联系，且有研究认为皮孔密度、大小的变异系数和重复力与遗传变异关系密切(贠慧玲等，2012)。

此外，植物的表面形态结构与植物的抗逆性密切相关，枝叶表皮也是抵制病原菌入侵的最初防御场所（李聪，2016）。在植物抗旱（何士敏等，2009；周秀梅等，2004）、抗寒（李红莲等，2015）、抗病（侯天侦等，1992；张笑宇，2012；关晔晴，2015；于秋香，2010）等方面得到证实。同时，在猕猴桃抗逆方面也有初步研究，石志军（2014）、李淼（2003）、李庚飞（2008）和李聪（2016）对部分猕猴桃品种的固有的形态结构与抗病性的关系进行了研究，发现不同品种猕猴桃的皮孔和气孔器大小，密度与抗溃疡病相关性显著。可见，物种的微表观特征也可为研究物种的抗逆性、抗病性与其表面形态的关系提供形态学参考。

猕猴桃属(*Actinidia*)植物全世界有 66 种，约有 118 个种下分类单位，因猕猴桃属于杂合体，有些种类很难通过外观形态进行区分，因此也有新的分类方法将其划分为 54 种 21 变种（Li，2009），但仍然存在一些争议。猕猴桃富含良好营养价值和药用价值，具有“世界水果之王”、“维生素 C 之王”的美称（高敏霞等，2018）。近几年来，随着猕猴桃产业的发展，更多的新品种不断被报道，猕猴桃种植地区和面积也在不断扩展，目前世界上已有 30 多个国家和地区广泛种植猕猴桃（张计育等，2014）。其中我国种植 300 余万亩，近 30 年来从中华、美味、毛花、长果等猕猴桃种类中选育出 200 多个品种，但各个品种

之间因种类来源不同在外观形态、果实特性和抗逆性方面表现出较大的差异，且部分品种是通过野生驯化或实生育种选育而出，种类来源不清，给新品种界定和指导生产带来一定困扰。

本文根据已有的主要栽培品种及其来源种类，选择 5 个种共 9 份猕猴桃样品材料进行枝叶表皮微观特征观测，探索不同种类猕猴桃枝叶表皮微观特征的差异，为猕猴桃种类划分和品种识别提供基本的微观依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 材料

试验选择中华猕猴桃（*A. chinensis*）、美味猕猴桃（*A．chinensis* var. *deliciosa*）、长果猕猴桃(*A. longicarpa*)）、阔叶猕猴桃(*A. latifolia*)和毛花猕猴桃(*A. eriantha*)等 5 个猕猴桃种类，共 9 份样品材料用于试验分析。

用于试验的中华猕猴桃（*A. chinensis*）有以下 4 个品种：金桃（'Jintao'）、Hort 16A、桂海 4 号（'Guihaia 4'）和红阳('Hongyang')。

用于试验的美味猕猴桃（*A．chinensis* var. *deliciosa*）有以下 2 个品种：海沃德('Hayward')、实美('Shi Mei')。

"桂海 4 号"和"实美"是由广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所选育的品种。长果猕猴桃是由广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所发现的新种。

所用叶片和枝条均采自广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所猕猴桃品种园和种质圃，品种园和种质圃统一种植和管理。为了确保试验材料的一致性，选择的试验树均是已经达到生理成熟可开花结果的 3 年生以上成年树，并且枝条和叶片在同一天采集。叶片在夏季晴天下午 3 点到 4 点之间气孔张开时采集。

## 1.2 方法

### 1.2.1 猕猴桃皮孔的形态观测

采集猕猴桃种质一年生枝条，用解剖刀取韧皮部组织浸泡于清水中，然后用镊子撕下皮层，于光学显微镜 4 倍下观测皮孔的长和宽进行统计学分析。每个观测指标测量 20~30 个。此外，根据测量值计算皮孔面积和皮孔面积百分比，计算公式如下(负慧玲等，2012)：

皮孔面积=π ×皮孔横径×皮孔纵径/4

皮孔面积百分比=（单位面积内皮孔面积/单位叶片面积）×100%

### 1.2.2 猕猴桃叶片的形态结构观测

采集当年生的成熟且叶龄一致的叶片,用解剖刀随机截取 5 mm×5 mm 韧皮层组织块 50 块，立即放入 FAA 固定液中固定。首先用 70% 乙醇冲洗 2 次，然后分别用 70%，85%，90%，95%，100%等 5 个不同浓度梯度乙醇各浸泡 1 h，做脱水处理，最后用 100%乙醇浸泡过夜。用 $CO_2$ 临界点干燥仪干燥，用离子溅射仪镀金（曹五七等，1995；Huang et al., 2004）。于卡尔.蔡斯 EVO18

扫描电镜 800 倍和 3000 倍镜下拍照并测量，并观察表皮形态特征、气孔器的排列方式、长度、宽度和气孔长轴并统计分析，每个观测指标测量 30~35 个值。

叶片表皮形态特征和气孔器特征的描述参照曾妮等（2017）和王宇飞等（1991），测量所得数据在 SPSS 软件中进行差异显著性分析。

1.2.3 数据分析方法

测量所得数据在 IBM SPSS Statistics19 软件中进行差异显著性分析，将数据导入软件，选择比较均值，单因素两两比较选择 LSD 和 Duncan 进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 猕猴桃皮孔的形态观测

猕猴桃一年生韧皮部上皮孔观察结果显示，猕猴桃皮孔均呈椭圆形或长梭形。皮孔的长×宽在 832.91 μm×343.08 μm～2 516.68 μm×845.73 μm 之间；各种类的皮孔密度也不一致，毛花猕猴桃的皮孔密度最大，为 13.8 个 $cm^{-2}$，中华猕猴桃中“红阳”品种的皮孔密度最小，为 5.3 个 $cm^{-2}$；各种类猕猴桃皮孔面积大小在 0.25～1.72 $mm^2$ 之间，皮孔面积百分比在 1%～11%之间，如表 1 所示。分别对 5 个种类猕猴桃和种下的品种的皮孔的长×宽、密度和皮孔的面积及面积百分比进行了差异显著性分析，均达到差异显著或极显著水平。

5 种猕猴桃的皮孔的长度中，中华猕猴桃比长果猕猴桃大，长果猕猴桃的皮孔长比美味猕猴桃的皮孔长，而阔叶猕猴桃的长度在中华猕猴桃几个品种之间，但其密度比中华猕猴桃大，毛花猕猴桃的长度介于 2 个美味猕猴桃品种之间，但其密度也比美味猕猴桃的密度大。因此，结合猕猴桃的长度和密度可以区分这 5 个猕猴桃种类。而皮孔的宽、皮孔的面积和面积百分比跨度较大，与种类划分没有明显规律。此外长果与其近缘种毛花的皮孔面积百分比相同，但长果猕猴桃的皮孔大，密度小，而毛花猕猴桃的皮孔小，密度大，可以从这两点区分二者。

所选 4 个中华猕猴桃的品种的皮孔的宽各不相同且达到差异显著和极显著水平，可以区分这 4 个中华猕猴桃品种。金桃和 Hort 16A 的面积百分比相同，但从长宽比例来看，Hort 16A 比金桃更为狭长。

表 1 猕猴桃皮孔的长宽、密度和面积及面积百分比的比较

Table 1 Comparison of the length, width, density, area and area ratio of kiwifruit lenticel

| 种 Species | 品种 Variety | 长 Length（μm） | 宽 Width（μm） | 密度 Density（个•$cm^{-2}$） | 面积 Area （$mm^2$） | 面积百分比 Area ratio（%） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 中华猕猴桃 *A. chinensis* | 金桃 ‘Jintao’ | 1 178.51 cdC | 582.53 bB | 8.7 cdCDE | 0.62 bBC | 5 |
| | Hort 16A | 1 315.78 cC | 489.29 cC | 8.3 cdCDEF | 0.52 bcdBC | 5 |
| | 桂海 4 号 ‘ Guihaia 4’ | 2 516.68 aA | 845.73 aA | 6.3 deDEF | 1.72 aA | 11 |
| | 红阳 | 1 155.52 cdeC | 259.08 eE | 5.3 eF | 0.25 dC | 1 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ‘Hongyang’ | | | | | |
| 美味猕猴桃 *A. deliciosa* | 海沃德 ‘Hayward’ | 832.91 deE | 343.08 dD | 5.9 eEF | 0.26 dC | 2 |
| | 实美 ‘Shi Mei’ | 1 075.72 cdeC | 441.89 cC | 10.6 bcBC | 0.57 bcBC | 6 |
| 毛花猕猴桃 *A. eriantha* | 毛花 *A. eriantha* | 866.96 deD | 418.71 cC | 13.8 aA | 0.30cdC | 4 |
| 长果猕猴桃 *A. longicarpa* | 长果 *A. longicarpa* | 1 125.79 cdeC | 467.58 cC | 9.5 cBCD | 0.44 bcdBC | 4 |
| 阔叶猕猴桃 *A. latifolia* | 阔叶 *A. latifolia* | 1 749.79 bB | 490.56 bcB | 12.4 abAB | 0.72 bB | 9 |

注：表内数据为测量皮孔长×宽、皮孔密度、皮孔面积及其百分比的平均值，大小写字母分别表示 5%和 1%差异显著水平。

Note : Data is the average of lenticel length×width, density, area, and area ratio, capital and small alphabet represent 5% and 1% level of significance of difference.

### 2.2 猕猴桃叶片的形态结构观测

用扫描电镜观察猕猴桃的叶片组织结构，结果见（表 2，图I，图II），中华猕猴桃“金桃”、和美味猕猴桃具有突起结构布满叶片的下表皮，其余猕猴桃种类的下表皮细胞为不规则形；长果猕猴桃和阔叶猕猴桃的垂周壁为浅波状，其它猕猴桃种类为深波状；叶片表面均覆着颗粒状纹饰，其中美味猕猴桃“实美”和中华猕猴桃“桂海 4 号”的颗粒状纹饰较为细小，此外长果猕猴桃和阔叶猕猴桃具有鳞片状蜡质层；叶片表面均着生柔毛且为分叉单细胞非腺毛，其中长果多为 2 分叉，少量 3 分叉，毛花最浓密，阔叶最稀疏。猕猴桃的气孔器仅分布在叶背的叶肉区域，长果和毛花的气孔器呈宽椭圆形，其它为长椭圆形；中华猕猴桃：金桃、Hort 16A、桂海 4 号和红阳的气孔器是辐射型；美味猕猴桃：海沃德和实美的气孔器是环列型；阔叶猕猴桃和毛花猕猴桃的气孔器是不规则型；长果猕猴桃为不等型，这与种类划分一致。且从微表观形态上进一步证明长果猕猴桃是有别于其他猕猴桃的新种。

通过测量猕猴桃气孔器长×宽，发现 5 种猕猴桃的气孔器的长×宽在 16.01 μm×13.42 μm～26.50 μm×17.32 μm 之间，气孔长轴为 9.78～20.42 μm，气孔器的长宽比为 1.19～1.53，差异不明显。气孔密度为 253～781 个 cm$^{-2}$。差异显著性分析发现各种类猕猴桃气孔器的密度，气孔长轴和气孔长、宽之间均存在差异显著甚至达到极显著水平（见表 3）。数据显示海沃德和实美 2 个美味猕猴桃品种气孔器大小接近，而中华猕猴桃品种气孔器大小不一，波动范围较大。一般气孔器较长的种类或品种，其气孔的长轴相应增长，气孔密度则相对减少。4 个中华猕猴桃的品种气孔器长、气孔长轴、气孔密度差异很大，因此可以根据气孔器特征区分供试中华品种；此外“金桃”有别于其他中华猕猴桃品种最突出的特点是其下表皮细胞为乳状突起，而其他几个品种为不规则形。

表 2 猕猴桃下表皮微形态特征和气孔器形态特征

Table 2 Morphological characteristics of kiwifruit lower epidermis and stomatal

| | | 下表皮 Lower epdermis | | | | 气孔器 Stomatal apparatus | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 种 Species | 品种 Variety | 细胞形状 Cellular shape | 垂周壁 Anticlinal wall | 柔毛分布 Glandular trichome | 角质层纹饰 Cuticle | 形状 Shape | 类型 Type | 保卫细胞位置 Location of stomata guard cell | 外拱盖内缘 Inner margin of outer stomatal rim | 外拱盖纹饰 Ornamentation of outer stomatal rim | 图版 Plate I |
| 中华猕猴桃 *A. chinensis* | 金桃 ‘Jintao’ | 乳状突起 Papillose | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰和乳状突起 Papillose and granulate | 椭圆形 Oblong elliptic | 辐射型 Actinotytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 光滑 Smooth | A |
| | Hort 16A | 不规则 Anomocytic | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰 Granulate | 椭圆形 Oblong elliptic | 辐射型 Actinotytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 光滑 Smooth | E |
| | 桂海 4 号 ‘ Guihaia 4’ | 不规则 Anomocytic | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具细小颗粒状纹饰 Granulate | 椭圆形 Oblong elliptic | 辐射型 Actinotytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 具细小突起颗粒状物 Small processes | G |
| | 红阳 ‘Hongyang’ | 不规则 Anomocytic | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰 Granulate | 宽椭圆形 Widely elliptic | 辐射型 Actinotytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 光滑 Smooth | I |
| 美味猕猴桃 *A. deliciosa* | 海沃德 ‘Hayward’ | 乳状突起 Papillose | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰和乳状突起 Papillose and granulate | 椭圆形 Oblong elliptic | 环列型 Cyclocytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 具细小颗粒状物 Small processes | B |
| | 实美 | 乳状突起 | 深波状 | 多分叉单细 | 具细小 | 椭圆形 | 环列型 | 突起 | 浅波状 | 光滑 | C |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ‘Shi Mei’ | Papillose | Sinuate | 胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 颗粒状纹饰和乳状突起 Papillose and granulate | Oblong elliptic elliptic | Cyclocytic | Bulging | Sinuolate | Smooth | |
| 毛花猕猴桃 *A. eriantha* | 毛花 *A. eriantha* | 不规则 Anomocytic | 深波状 Sinuate | 多分叉单细胞非腺毛 Polybifurcated unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰 Granulate | 宽椭圆形 Widely elliptic | 不规则型 Anomocytic | 突起 Bulging | 浅波状 Sinuolate | 具细小突起颗粒状物 Small processes | H |
| 长果猕猴桃 *A. longicarpa* | 长果 *A. longicarpa* | 不规则 Anomocytic | 浅波状 Sinuolate | 双分叉或三分叉单细胞非腺毛 Bifurcate or trifurcate unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰和鳞片状蜡质层 Granulate and flake-like waxy layer | 椭圆形 Widely elliptic | 不等型 Anisocytic | 水平 Level | 浅波状 Sinuolate | 光滑 Smooth | D |
| 阔叶猕猴桃 *A. latifolia* | 阔叶 *A. latifolia.* | 不规则 Anomocytic | 浅波状 Sinuolate | 不分叉单细胞非腺毛 Unicellular non-glandular hairs | 具颗粒状纹饰和鳞片状蜡质层 Granulate and flake-like waxy layer | 椭圆形 Widely elliptic | 不规则型 Anomocytic | 水平 Level | 近光滑 Nearly smooth | 光滑或鳞片状蜡质层 Smooth or flake-like waxy layer | F |

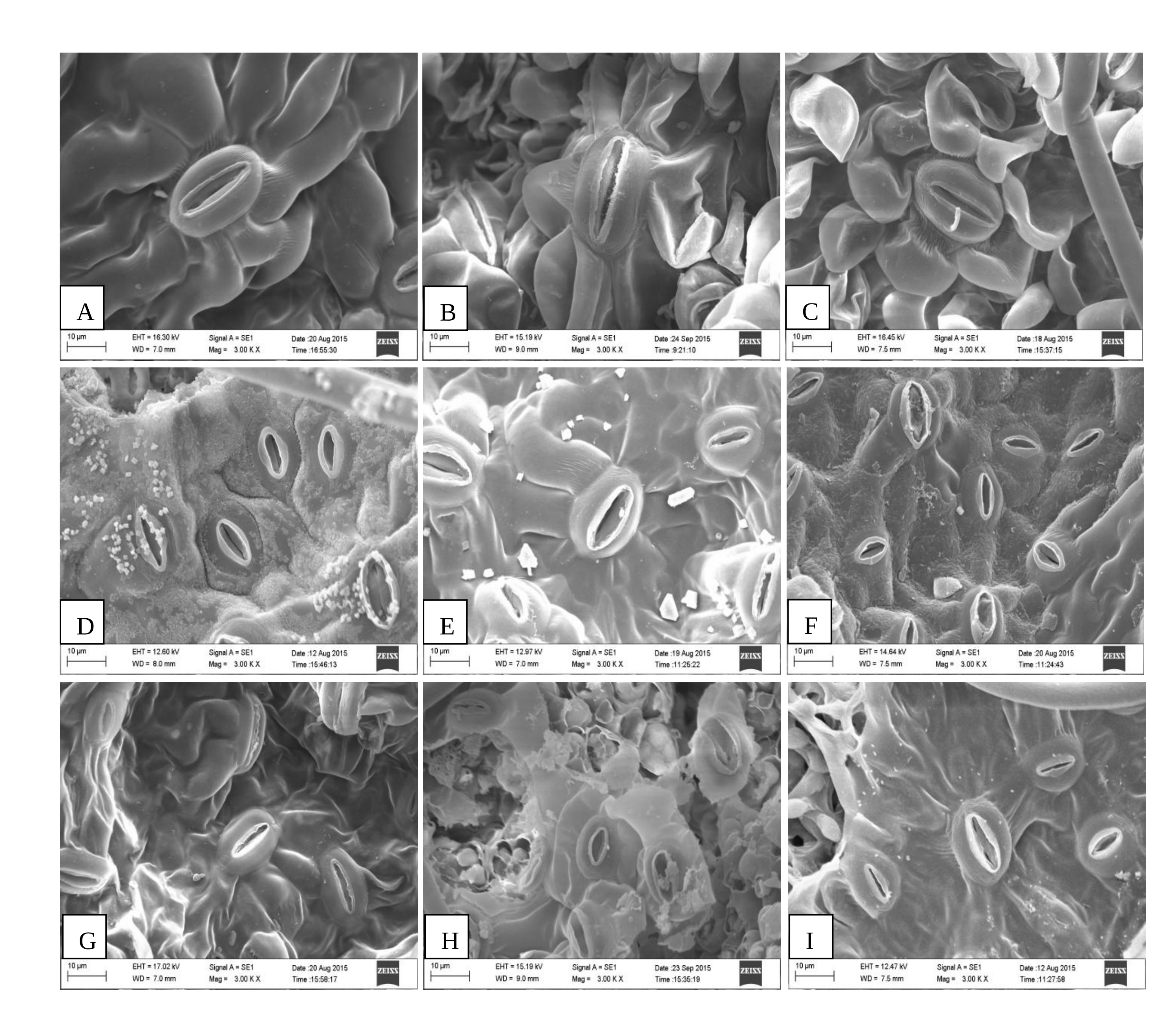
表 3 猕猴桃气孔器长宽、密度、长宽比和气孔长轴的比较

Table 3 Comparison of stomatals size, density, aspect ratio and stomatal length axis in kiwifruit

| 种 Species | 品种 Variety | 气孔器长 Length (μm) | 气孔器宽 Width (μm) | 长宽比 Ratio of length and width | 气孔长轴 Macroaxis (μm) | 密度 Density （个•cm$^{-2}$） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 中华猕猴桃 *A. chinensis* | 金桃 ‘Jintao’ | 26.50 aA | 17.32 aA | 1.53 | 17.84 bB | 253 eD |
| | Hort 16A | 19.71 cC | 13.67 cC | 1.44 | 14.19 cC | 561 bcBC |
| | 桂海 4 号 ‘Guihaia No.4’ | 16.46 dD | 12.05 dD | 1.37 | 10.18 eDE | 404 dCD |
| | 红阳 ‘Hongyang’ | 16.01 dD | 13.42 cC | 1.19 | 10.82 deDE | 781 aA |
| 美味猕猴桃 *A. deliciosa* | 海沃德 ‘hayward’ | 25.63 aA | 17.90 aA | 1.43 | 20.42 aA | 324 deD |
| | 实美 ‘Shi Mei’ | 22.74 bB | 15.05 bB | 1.51 | 17.79 bB | 320 deD |
| 毛花猕猴桃 *A. eriantha* | 毛花 *A. eriantha* | 16.24 dD | 13.14 cCD | 1.24 | 10.19 eDE | 561 bcB |
| 长果猕猴桃 *A. longicarpa* | 长果 *A. longicarpa* | 20.76 cC | 15.18 bB | 1.37 | 11.84 dD | 527 cBC |
| 阔叶猕猴桃 *A. latifolia* | 阔叶 *A. latifolia* | 16.85 dD | 11.94 dD | 1.41 | 9.78 eE | 663 bAB |

注：表内数据为测量气孔器的长×宽、长宽百分比、密度和气孔长轴的平均值。大小写字母分别表示 5%和 1%差异显著水平。

Note: Data is the average of stomatal length ×width, macroaxis, ratio of length and width, and density. Capital and small alphabet represent 5% and 1% level of significance of difference.

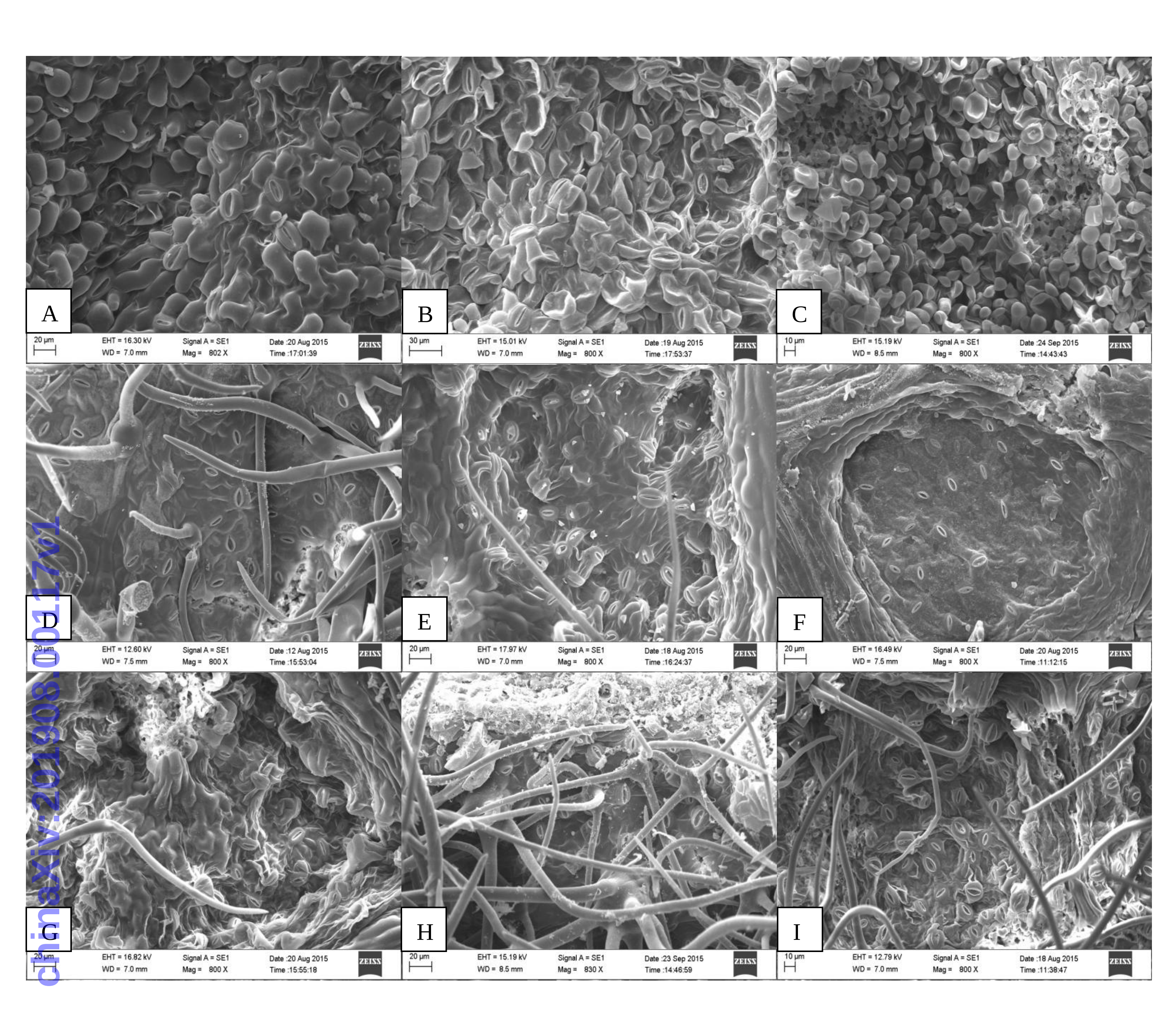



注：**A**. 金桃；**B**.海沃德；**C**.实美；**D**.长果；**E**. Hort 16A；**F**. 阔叶；**G**. 桂海 4 号；**H**. 毛花；**I**. 红阳。观察倍数 3 000 倍。

Note: **A**. *A. Chinensis* cv. ‘Jintao’; **B**. *A. Chinensis* cv. ‘Hayward’; **C**. *A deliciosa* cv. ‘Shi Mei’ ; **D**. *A. Longicarpa*; **E**. ‘Hort 16A’; **F**. *A latifolia*; **G**. *A. Chinensis* ‘Guihaia No.4’; **H**. *A. Eriantha*; **I**. *A. Chinensis* ‘Hongyang’. Observe in 3 000 times.

图版I 猕猴桃气孔扫描电镜观察

PlateI Kiwifruit stomatals using scanning electron microscope






注：**A**. 金桃；**B**.海沃德；**C**.实美；**D**.长果；**E**. Hort 16A；**F**. 阔叶；**G**. 桂海 4 号；**H**. 毛花；**I**. 红阳。观察倍数 800 倍。

Note: **A**. *A. Chinensis* cv. 'Jintao'; **B**. *A. Chinensis* cv. 'Hayward'; **C**. *A deliciosa* cv. 'Shi Mei' ; **D**. *A. Longicarpa*; **E**. 'Hort 16A'; **F**. *A latifolia*; **G**. *A. Chinensis* 'Guihaia No.4'; **H**. *A. Eriantha*; **I**. *A. Chinensis* 'Hongyang'. Observe in 800 times.

图版II 猕猴桃气孔扫描电镜观察

Plate II Kiwifruit stomatals using scanning electron microscope

## 3 讨论与结论

本文完成了 5 个种类共 9 份猕猴桃种质材料的皮孔和气孔的形态观测，其中长果猕猴桃是本单位发现的新种，桂海 4 号（李瑞高，1998）和实美（李洁维，2003；李瑞高，2003）是本单位选育的品种。三份种质材料均是在广西本土发现和选育的，在生产中均表现出较强的抗逆性，但目前尚未有其微表观形态结构方面的研究。本研究首次对这三份种质材料的微表观形态结构

进行了测量和描述，为其种类识别和品种鉴定提供基本的微观依据；同时在从微观形态与抗逆性的相关性方面进行初步探索，以期为猕猴桃抗逆性研究提供理论支撑。

研究中发现海沃德、Hort 16A 枝条皮孔的长、宽和密度，及海沃德、Hort 16A 和毛花的气孔器的长、宽和密度与李聪（2016）的研究结果基本一致，但与李庚飞（2008）和李淼（2003）的结果相差较远。这可能与样品采集的时间，枝条、叶片的成熟程度有关，也可能与样品采集地点的气候及栽培环境存在一定的关系。李聪和李淼的研究结果也表明皮孔、气孔器的长宽和密度与叶片成熟度有关。本研究在对皮孔、气孔器的观测中发现靠近叶痕部位皮孔的密度较大，而节间部位皮孔的数量较少；向阳面枝条皮孔更为突起，而背阳面枝条的皮孔与表皮水平。同时，在研究过程中发现，同一品种的皮孔和气孔的测量值之间也有较大的差异、因取样和观测视野的不同，所获得皮孔和气孔器的密度也会有较大的差异。因此在对猕猴桃皮孔和气孔器的研究中，应充分考虑干扰因素的影响，尽可能保证样品材料的一致性。另外，在研究中发现毛被较多的猕猴桃种质材料，如毛花猕猴桃，因毛被较多无法对皮孔进行直接观测，实验中可用清水浸泡脱去绒毛，然后再行观测。

研究还发现金桃、Hort 16A、桂海 4 号和红阳等中华猕猴桃种质材料的气孔器是辐射型、海沃德和实美等美味猕猴桃种质是环列型，阔叶和毛花是不规则型，长果猕猴桃是不等型。这与猕猴桃种类划分一致。气孔器类型或许可以作为猕猴桃种类鉴定的辅助特征。本文中 4 个中华猕猴桃的品种可通过皮孔的宽，气孔器的长和密度以及气孔长轴等特征来区分。此外，长果猕猴桃与其近缘种毛花猕猴桃微表观形态较为接近。该种的气孔形态特征宽椭圆形，皮孔面积百分比毛花一致，与皮孔，气孔器的大小和密度均与毛花相近，而二者之间的毛被却完全不同，从微表观形态与李瑞高等观点一致，进一步验证了枝叶微观特征辅助猕猴桃种类识别的可行性。同时该种的气孔器与表皮水平，且柔毛稀疏，表皮角质层纹饰均有鳞片状蜡质层，这些特征与阔叶的叶表皮相似。推测该种可能与类似阔叶猕猴桃的气孔器的种质有一定的亲缘关系，但这些特征与猕猴桃种类形态特征是否存在必然联系，或者联系的紧密程度还需进一步研究验证。

金桃、海沃德和实美具有乳状突起结构布满叶片下表皮，在观察中发现，该结构围绕着气孔器周围生长，有凹陷也有膨胀，且气孔张开的越大，该结构凹陷越深，在此推测该结构为该结构为副卫细胞，且可能与气孔的开闭存在一定的关联。

植物的枝叶表皮特征是分类学上的重要依据，其微表观形态结构特征决定了外观表型特征，在此次研究中发现相同种类的微表观形态也存在着很大差异。例如在所选的中华猕猴桃材料中金桃的下表皮细胞为乳状突起，与美味猕猴桃一致，而与其他中华猕猴桃品种差异较大。对于这种现象希望在以后的分类鉴定时也应将猕猴桃的微表观形态结构特征作为参考标准。本文对几种猕猴桃种质外观微形态观测且首次描述了猕猴桃的气孔器的类型和叶背的微形态特征希望能为猕猴桃分类微观特征提供参考。另外，气孔和皮孔也是植物与外界进行气体与液体交换的直接场所，也是植物抵御病害的固有形态结构，也希望能为相关研究提供一定参考。

**参考文献：**

CAO WQ, LI X, XIE L, et al., 1995. Observation of hybrid cotton leave stoma with scanning electron microscope [J]. J Sichuan Agric Univ, 13(2):158-256. [曹五七，李逊，谢林，等, 1995. 杂种棉花叶片气孔形态及数量的扫描电镜观察[J]. 四川农业大学学报, 13(2):158-256.]

CUI ZX, 1993. *Actinadia* in China [M]. Ji'nan: Shandong Science Press：151-197.[崔致学, 1993. 中国猕猴桃[M]. 济南：山东科学技术出版社:151-197.]

HE SM, WANG JH, QIN JS, 2009. Comparison of tissue structure characteristics and drought-resistant properties in some Hippophae species leaves [J]. Chin For Sci Technol, 1(23):16-19.[何士敏，汪建华，秦家顺, 2009. 几种沙棘叶片组织结构特点和抗旱性比较[J]. 林业科技开发, 1(23):16-19.]

HOU TZ, CHEN JH, YU K, 1992. Research on the structure and physiology of broken and rotten trunks of and *Populous bollena* [J]. Sci Silv Sin, 5(28):390-396.[侯天侦，陈聚恒，于凯, 1992. 新疆杨树干破腐问题的结构及生理特性的研究[J]. 林业科学, 5(28):390-396.]

HUANG XM, YUAN WQ, WANG HC, et al., 2004. Linking cracking resistance and fruit desiccation rate to pericarp structure in litchi ( *Litchi chinensis* Son.) [J]. J Hort Sci Biotechnol, 2004, 79( 6) : 897-905.

GAO MX, FENG X, LAI RL, et al., 2018. Research advances in the intrinsic quality evaluation indexes and impact factors of kiwifruit ( *Actinidia chinensis* ) fruit[J]. SE Hort, 4: 39-44. [高敏霞，冯新，赖瑞联, 2018. 猕猴桃果实内在品质评价指标及影响因素研究进展[J]. 东南园艺, 4: 39-44.]

GAO WJ, YANG XQ, DENG CL, et al., 2009. Study on the leaf epidermal micromorphology of 14 species in Oleeae [J]. J Wuhan Bot Res, 27(5):473-479.[高武军，杨绪勤，邓传良，等, 2009. 14种木犀榄族植物叶表皮微形态的研究[J]. 武汉植物学研究, 27(5):473-479.]

GUAN YQ, 2015. Role of surface sturcture on susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea* [D]. Beijing: China Agricultural University. [关晔晴, 2015. 苹果果面结构与轮纹病抗病性关系的研究[D]. 北京：中国农业大学.]

LI C, 2016. Correlation of the relationship between resistance of branch leaves structure and inclusion and kiwifruit canker [D]. Yangling: Northwest A & F University.[李聪，2016. 猕猴桃枝叶组织结构及内含物与溃疡病的相关性研究[D]. 杨凌：西北农林科技大学.]

LI GF, ZHOU SB, LI Y, 2008. Study on the relationship between resistance of kiwifruit branch lenticel structure and kiwifruit canker [J]. Chin Plant Prot, (5):30-31.[李庚飞，周胜波，李瑶, 2008. 猕猴桃枝条皮孔特征与抗溃疡病之间的关系初探[J]. 中国植保导刊, (5):30-31.]

LI HL, WANG Q, YAN XK, et al., 2015．Analysis of correlation between lenticels and cold hardiness ofpear [J]. J Jilin Agric Sci, 40(6):94-97.[李红莲，王强，闫兴凯，等, 2015. 梨枝条皮孔与抗寒能力相关性的研究[J]. 吉林农业科学, 40(6):94-97.]

LIU J, 2014. Morphology anatomy structure of leaf epidermis of Maloideae in Heilongjiang [D]. Harbin: Harbin Normal University. [刘静, 2014. 黑龙江苹果亚科植物叶表皮形态解剖结构特征的研究[D] . 哈尔滨：哈尔滨师范大学.]

LI JW, WAMG XG, MO L, et al., 2003. The breeding of *Actinidia chinensis* Planch. var. *deliciosa* new strain'ShiMei' [J]. Chin Fruits, (1): 25-26. [李洁维，王新桂，莫凌，等, 2003. 美味猕猴桃新品系实美的选育[J]. 中国果树, (1): 25-26.]

LI M, 2003. Studies on kiwifruit Varieties resistance and resistance mechanism to kiwifruit bacterial canker caused by *pseudomonas syringae pv. Actinidae* [D]. Hefei: Anhui Agricultural University.[李淼，2003. 猕猴桃品种对溃疡病的抗性及其机理研究[D]. 合肥：安徽农业大学.]

LI M, TAN GJ, LI Y, et al., 2003. Relationship between the shoot tissue structure of kiwifruit cultivars and bacterial canker disease resistance [J]. J Anhui Agric Univ, 30(3):240-245.[李淼，檀根甲，李瑶，等, 2003. 猕猴桃品种枝条组织结构与抗溃疡病关系的初步研究[J]. 安徽农业大学学报, 30(3):240-245.]

LI RG, LIANG MY, LI JW, 1998. Studies on selection of *Actinidia chinensis* Guihaia 4[J]. Guihaia, 18 (3):281-284. [李瑞高，梁木源，李洁维, 1998. 中华猕猴桃桂海 4 号选育研究[J]. 广西植物, 18 (3):281-284.]

LI RG, LI JW, WANG XG, et al., 2003. Nine new species of *Actinidia* Lindl[J]. Guihaia, 23(3): 193-202. [李瑞高，李洁维，王新桂，

等, 2003. 猕猴桃属植物九个新种[J], 广西植物, 23(3): 193-202.]

LI RT, ZHANG YN, TIAN DL, 2004. Studies on the stomata of *Citrus* plant leaves [J]. J Fruit Sci, 21(5):419-424.[李润唐，张映南，田大伦, 2004. 柑橘类植物叶片气孔的研究[J]. 果树学报, 21(5):419-424.]

LI RT, 2005. Studies on genetic diversity of citrus resource in Hunan and characters of nutrition, photosynthesis [D]. Changsha: Central South Forestry University. [李润唐, 2005. 湖南柑橘资源的遗传多样性及营养光合特性研究[D]. 长沙：中南林学院.]

LI X, LI J, SOEJARTO DD, 2009. Advances in the study of the systematics of *Actinidia* Lindley[J]. Chin Front Biol, 4(1): 55-61.

SHI ZJ, 2014. The evaluation of different kiwifruit varieties, resistance to canker[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University.[石志军, 2014. 不同獅猴桃品种对演炼病抗性的评价[D]. 南京：南京农业大学.]

WANG XY, HE HL, XIAO DX, 2006. Studies on the Leaf Epidermal Structure of *Litchi chinensis* and *Dimocarpus longan* [J]. Acta Hort Sinica, 33(4):825-828.[王心燕，何惠玲，肖德兴，2006.荔枝、龙眼叶片表皮结构的研究[J]. 园艺学报，33(4):825-828.]

WANG YF, TAO JR, 1991. An introduction to a new system of terminology for plant cuticular analysis [J]. Chin Bull Bot, 8(4):6-13.[王宇飞，陶君容, 1991. 植物角质层分析术语新体系[J]. 植物学通报, 8(4):6-13.]

WEN WJ, CAO SS, WANG HC, 2010. A comparative study on leaf stomatal characters in some cultivars of longan [J]. J S Chin Agric Univ, 3(31):8-11.[温伟君，曹试生，王惠聪, 2010. 几个龙眼品种叶片气孔特征的比较研究[J]. 华南农业大学学报, 3(31):8-11.]

XIAO L, CHEN NM, CHEN Y, et al., 2016. The difference of cuticle wax crystallization and stoma morphology of lanceolate and broad-ovate leaves of *Populus euphratica* Olive between Ejina area in Inner Mongolia and Beijing area [J]. J Minzu Univ Chin, 3(25):85-91.[肖磊，陈宁美，陈悦, 2016. 内蒙古与北京地区胡杨异形叶表皮蜡质及气孔形态显微结构差异[J]. 中央民族大学学报, 3(25):85-91.]

YU QX, SHAO JZ, XU JZ, 2010. The relationship between the lenticel characters of apple rootstock hybrids and anti-infection of *Botryosphaeria berengeriana* f. *piricola*[J]. J Agric Univ Hebei, 2(33):21-25.[于秋香，邵建柱，徐继忠, 2010. 苹果砧木杂交后代皮孔性状与抗轮纹病菌侵染的关系[J]. 河北农业大学学报, 2(33):21-25.]

YUN HL, WANG JH, ZHANG SZ, et al., 2012．Genetic variation and identification of phenotypic characteristics of clones of *Catalpa bungei* [J]. J NE For Univ, 2(40):34-46.[贠慧玲，王军辉，张宋智，等, 2012. 楸树无性系表型识别特征与遗传变异[J]. 东北林业大学学报. 2(40):34-46.]

ZENG N, ZHANG JR, CHANG ZY, 2017. Micromorphological characteristics of leaf epidemis and systematic significance of *Rosa* L．from China[J]. Guihaia, 37(2):169-185.[曾妮，张建茹，常朝阳, 2017. 中国蔷薇属植物叶表皮微形态特征及其系统学意义[J]. 广西植物, 37(2):169-185.]

ZHANG JY, MO ZH, HUANG SN, et al., 2014. Development of kiwifruit industry in the world and analysis of trade and international competitiveness in China entering 21st Century [J]. Chin Agric Sci Bull, 30(23):48-55.[张计育，莫正海，黄胜男，等, 2014. 21 世纪以来世界猕猴桃产业发展以及中国猕猴桃贸易与国际竞争力分析[J]. 中国农学通报, 30(23):48-55. ]

ZHOU XM, 2004. Study on the stomas characteristics of *L.vicaryi* [J]. J Henan Vocat Technol Teach Coll, 1(32):39-41.[周秀梅, 2004. 金叶女贞气孔特性研究[J]. 河南职业技术师范学院学报, 1(32):39-41.]

ZHANG XY, 2012. Sdudy on identification technology and resistance mechanism of stem canker and black scurf in potato by *Rhizotonia solani* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University.[张笑宇. 2012. 马铃薯抗黑痣病鉴定技术及其抗病机制研究[D]. 呼和浩特：内蒙古农业大学.]

ZHANG YL , NIU LX, 1997. A study on the leaf stomata characteristics of *Vitis* species native to China [J]. Bull Bot Res, (9):315-319.[张延龙，牛立新, 1997. 中国葡萄属植物叶片气孔特征的研究[J]. 植物研究, (9):315-319.]